



**PEMODELAN DAN ANALISA ENERGI LISTRIK
YANG DIHASILKAN PADA MEKANISME
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG AIR
(PLTG-AIR) TIPE PELAMPUNG SILINDER DENGAN
*CANTILEVER PIEZOELECTRIC***

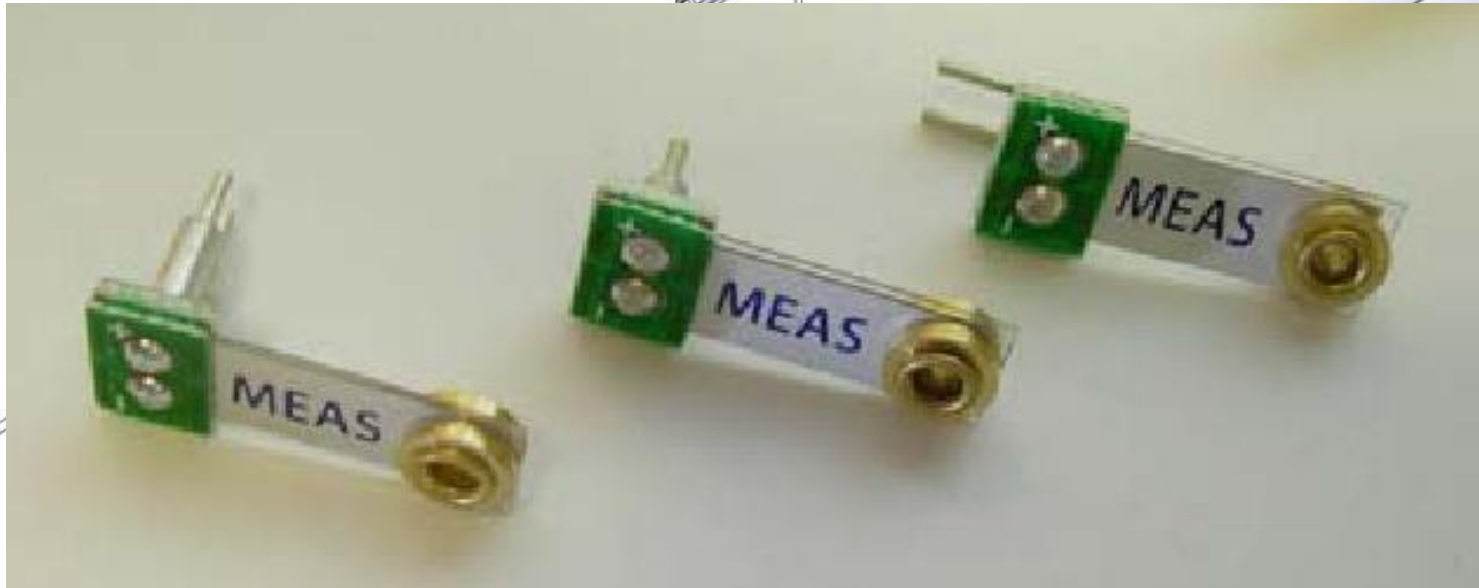
Sherly Octavia Saraswati

2112100084

Dosen Pembimbing :
Dr. Wiwiek Hendrowati, ST., MT.



Latar Belakang



Rumusan Masalah

Bagaimana permodelan PLTG-Air tipe pelampung silinder dengan menggunakan metode *cantilever piezoelectric*.

Bagaimana pengaruh permodelan PLTG-Air tipe pelampung silinder dengan menggunakan metode *cantilever piezoelectric* terhadap energi listrik yang dihasilkan.

Bagaimana menganalisa energi listrik yang dihasilkan PLTG-Air dari pelampung silinder dengan menggunakan metode *cantilever piezoelectric*.

Tujuan

Dapat merancang PLTG-Air tipe pelampung silinder dengan menggunakan metode *cantilever piezoelectric*

Dapat memodelkan dan menganalisa energi listrik yang dihasilkan PLTG-Air tipe pelampung silinder dengan menggunakan metode *cantilever piezoelectric*.

Mengetahui analisa energi listrik yang dihasilkan PLTG-Air dari pelampung silinder dengan menggunakan metode *cantilever piezoelectric*.

Batasan Masalah

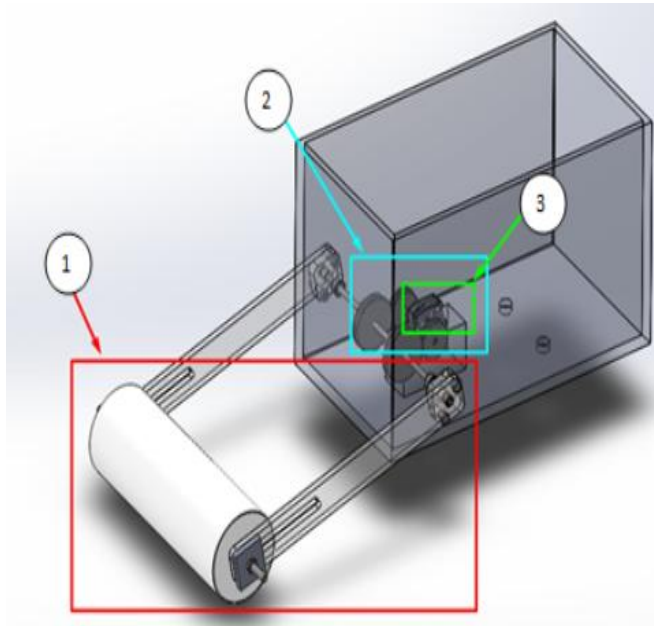
- Memodelkan mekanisme PLTG-Air metode pelampung silinder dengan menggunakan *cantilever piezoelectric*.
- Gelombang yang merambat diasumsikan uniform dan searah.
- Gerakan pelampung dianggap satu derajat kebebasan ke arah vertikal.
- Nilai *damping* yang diakibatkan oleh gaya gesek pada *bearing* diabaikan.
- Poros dianggap rigid.

Manfaat

- Mendapatkan energi listrik dengan memanfaatkan energi gelombang air dalam skala laboratorium.
- Mengembangkan model pengangkit listrik di Indonesia dengan menggunakan pelampung silinder atau metode *cantilever piezoelectric*.
- Menjadi referensi dalam pembuatan alat pemanen energi dengan memanfaatkan energi gelombang air menggunakan pelampung silinder atau metode *cantilever piezoelectric* dalam skala yang lebih besar.
- Mengoptimalkan sumber daya alam berupa gelombang air menjadi salah satu sumber energi terbarukan.

Tinjauan Pustaka

Jemy Akvianto ,2015



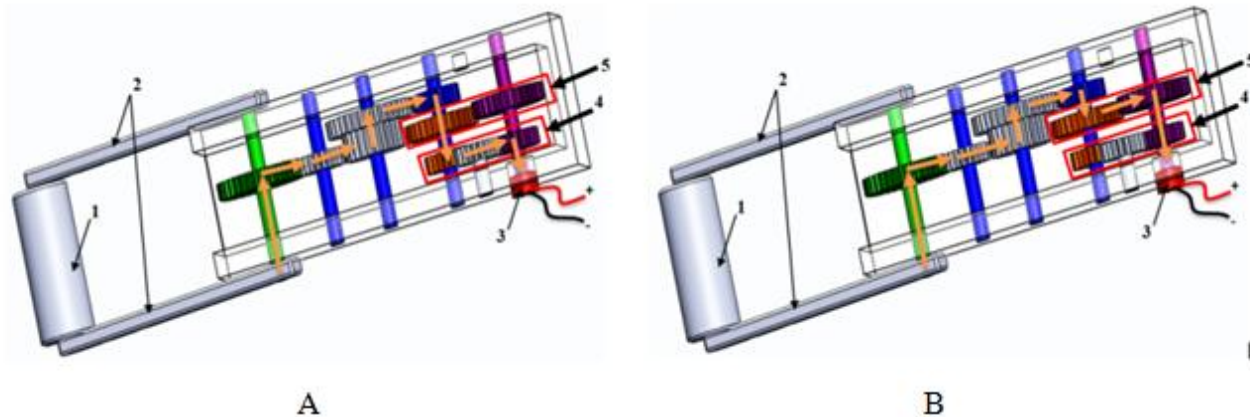
Gambar : Perancangan LTGL

Analisa tentang lebih listriking yang bertadris jika
prototype pelampungisme sebagai metode
perampung ide yang bertamasi penyempitan
lagipanjang lengan.

Tinjauan Pustaka

I Made Susanto ,2015

Studi karakteristik tentang energi listrik yang Daya, bangkitan listrik meningkat dengan dihasilkan PLTGL metode pelampung silinder meningkatnya panjang pelampung dengan variasi dimensi pelampung dan panjang lengan.

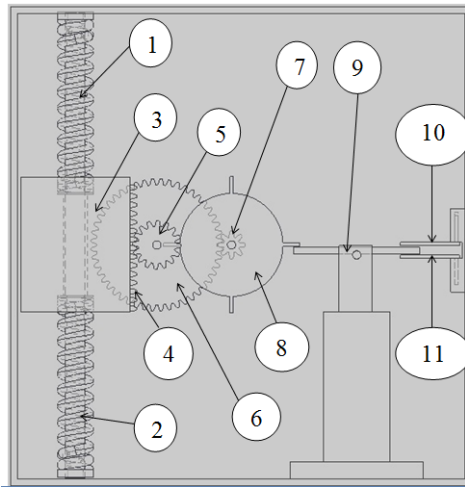


Gambar : Gerakan Gearbox Saat Bergerak Ke Atas Dan Ke Bawah

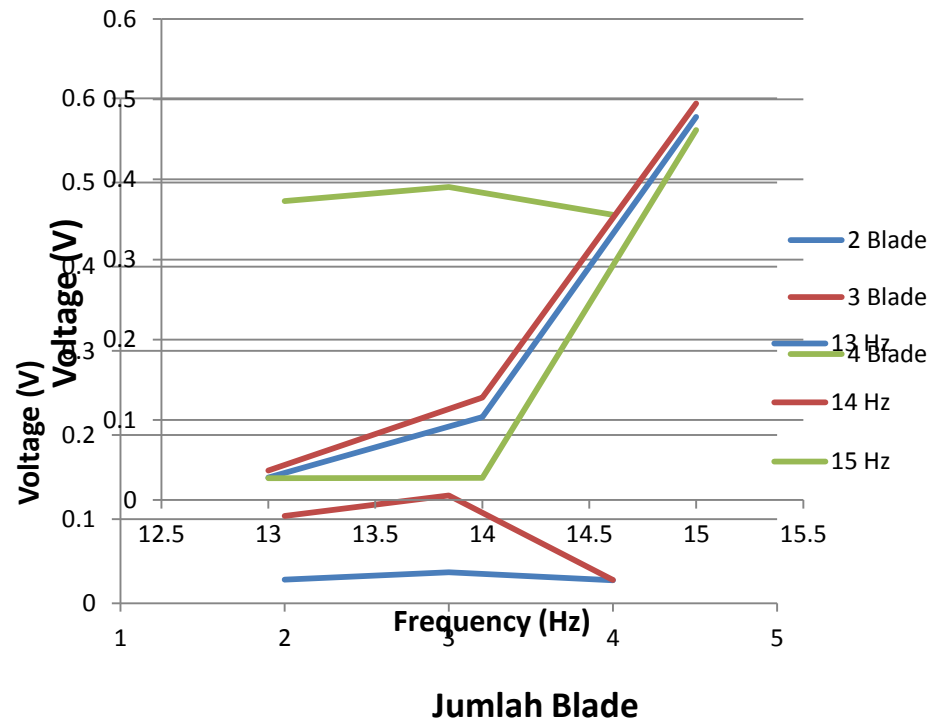
Tinjauan Pustaka

Joenta Indraswara ,2015

Analisa voltase bangkitan yang dihasilkan mekanisme *vibration energy harvesting* dengan *cantilever piezoelectric* menggunakan variasi jumlah blade pemukul dan frekuensi sumber getar.



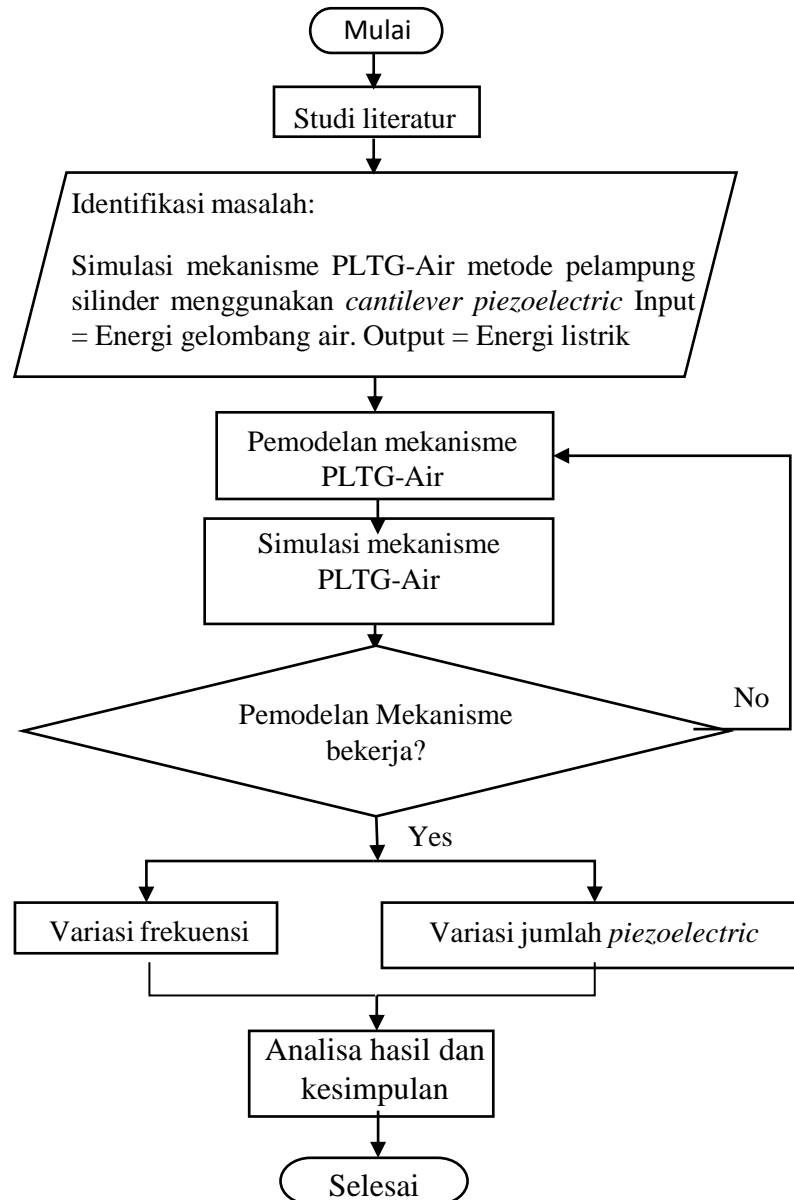
Gambar : Pemodelan mekanisme



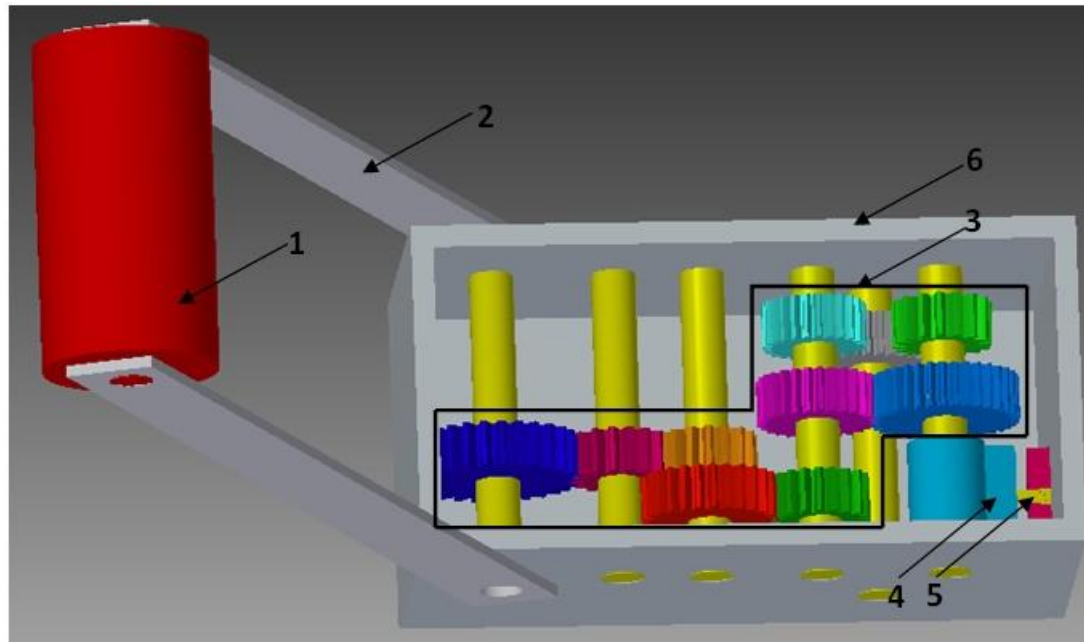
Gambar : Grafik Hasil Percobaan

Metodologi

Metodologi Penelitian



Pemodelan Mekanis

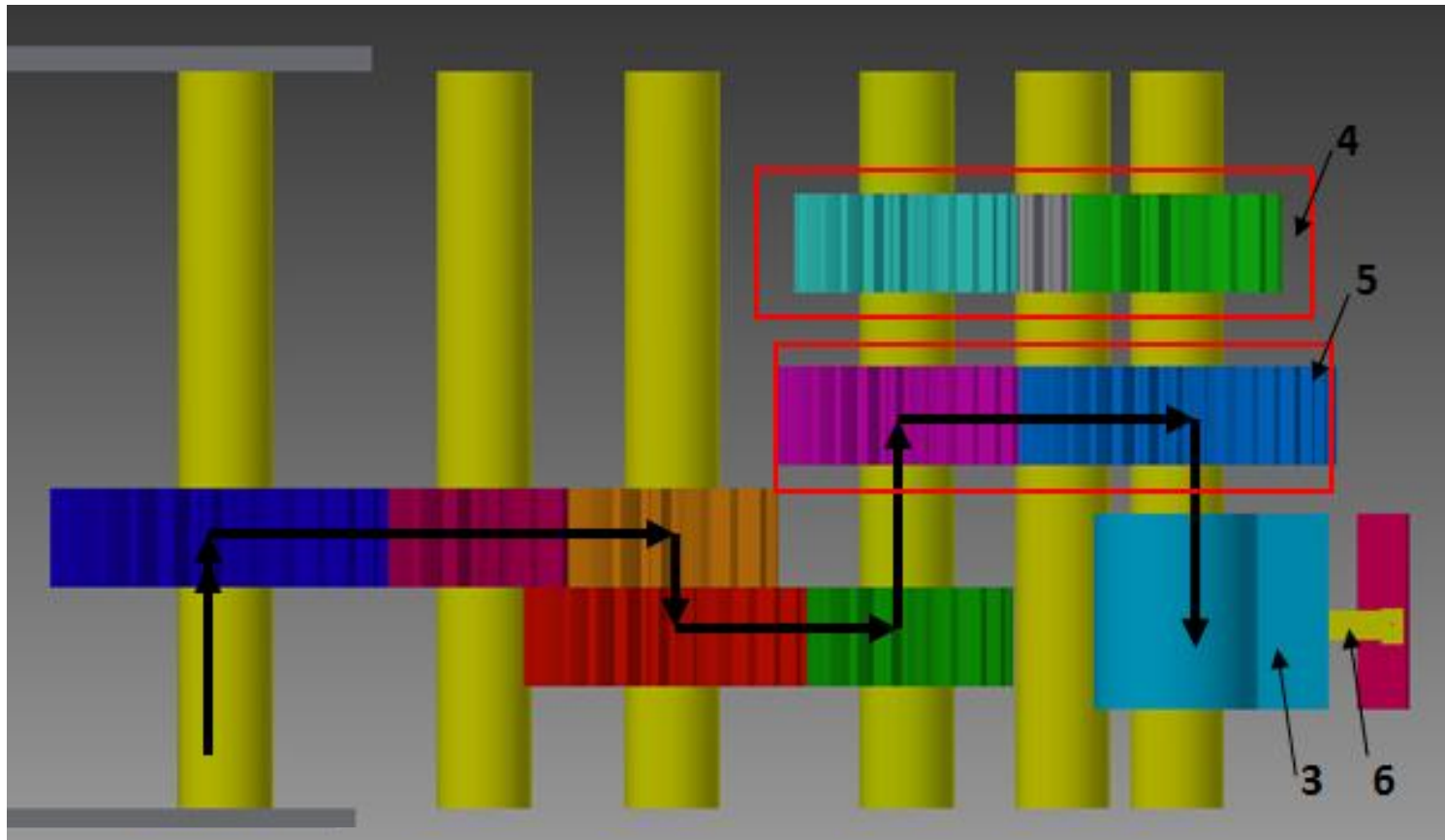


Keterangan :

- 1. Pelampung
- 2. Lengan pengungkit
- 3. Gearbox

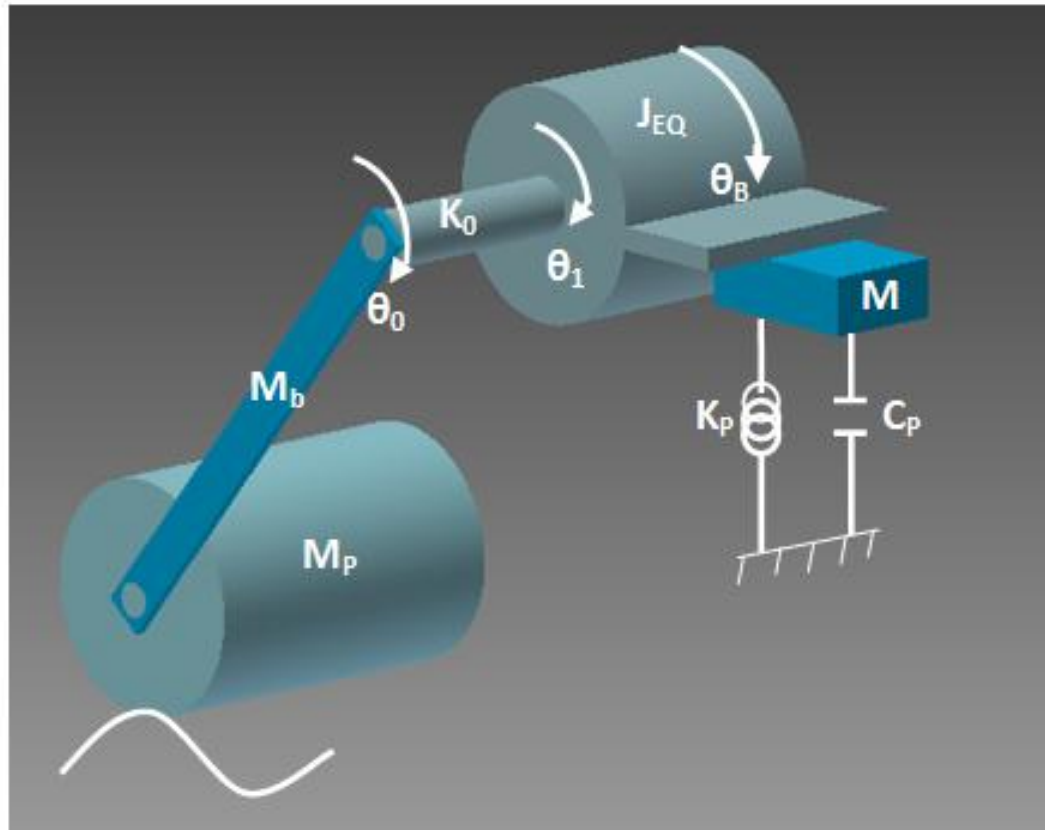
- 4. Blade
- 5. *Cantilever piezoelectric*
- 6. Housing

Pemodelan Mekanis

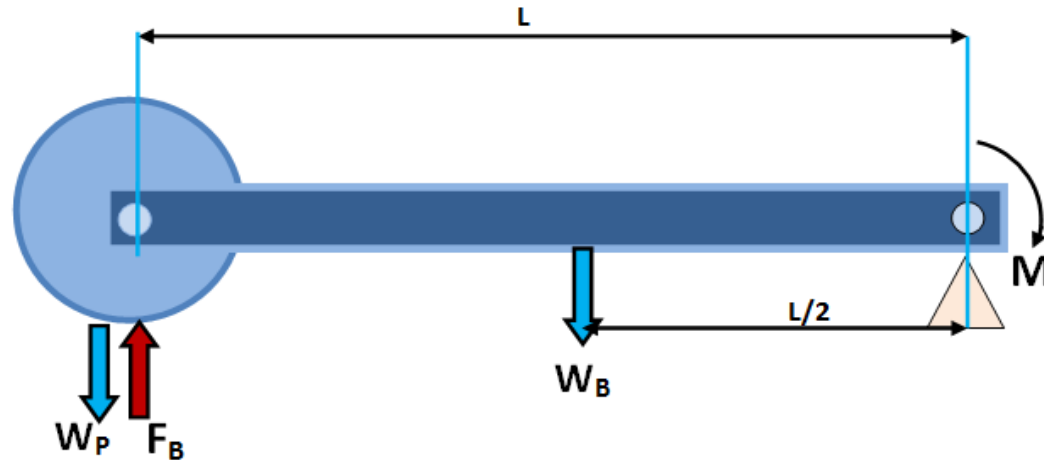


Mekanisme Gearbox Saat Pelampung Bergerak Ke Bawah
Mekanisme Gearbox Saat Pelampung Bergerak Ke Atas

Model Dinamis PLTG-Air



Pemodelan Pelampung

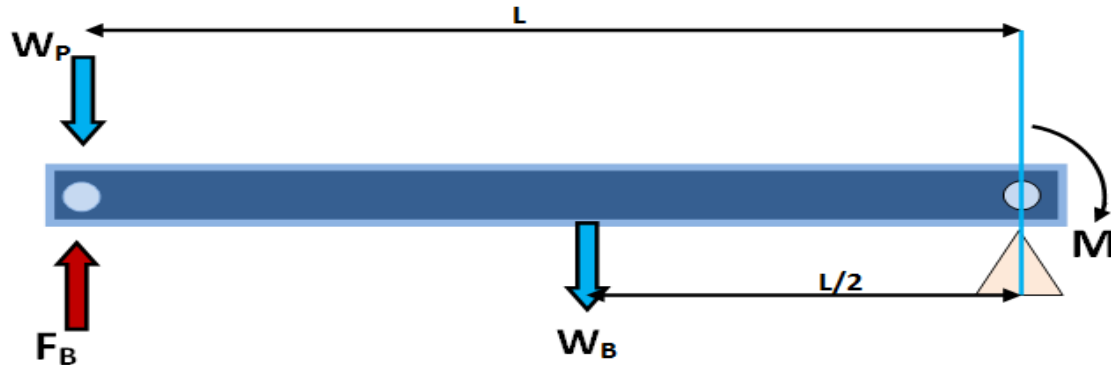


Mekanisme Keseimbangan Statis Posisi Titik Tumpu Pada Sebuah Poros

Dimana:

- W_p = Berat pelampung (N).
- W_b = Berat batang silinder (N).
- F_B = Gaya buoyancy (N).
- L = Panjang lengan (m).

Pemodelan Pelampung

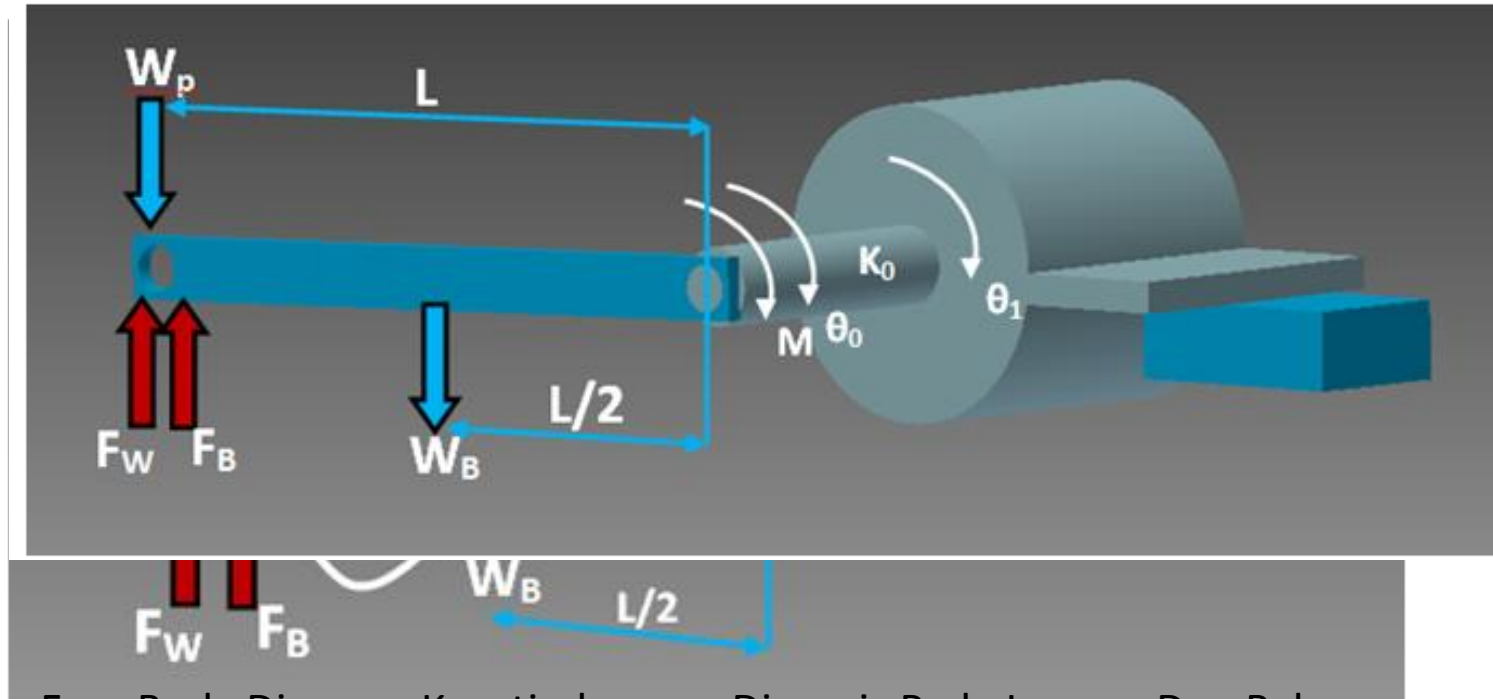


Free Body Diagram Pada Kestimbangan Statis

Persamaan Matematis :

$$F_b \cdot l - w_b \cdot \frac{l}{2} - w_p \cdot l = 0$$

Pemodelan Pelampung



Free Body Diagram Keseimbangan Dinamis Pada Lengan Dan Pelampung

Mekanisme Sistem Dinamis Pada Lengan

Persamaan Matematis

$$\Sigma M = J_0 \ddot{\theta}$$

$$F_b \cdot l + F_w \cdot l - W_p(l + l \sin \theta) - W_b \left(\frac{l}{2} + \frac{l}{2} \sin \theta \right) - k_0(\theta_0 - \theta_1) = J_0 \ddot{\theta}$$

$$F_b \cdot l + F_w \cdot l - W_p \cdot l - W_p l \sin \theta - W_b \cdot \frac{l}{2} - W_b \cdot \frac{l}{2} \sin \theta - k_0(\theta_0 - \theta_1) = J_0 \ddot{\theta}_0$$

$$F_w \cdot l - W_p l \sin \theta - W_b \cdot \frac{l}{2} \sin \theta - k_0(\theta_0 - \theta_1) = J_0 \ddot{\theta}_0$$

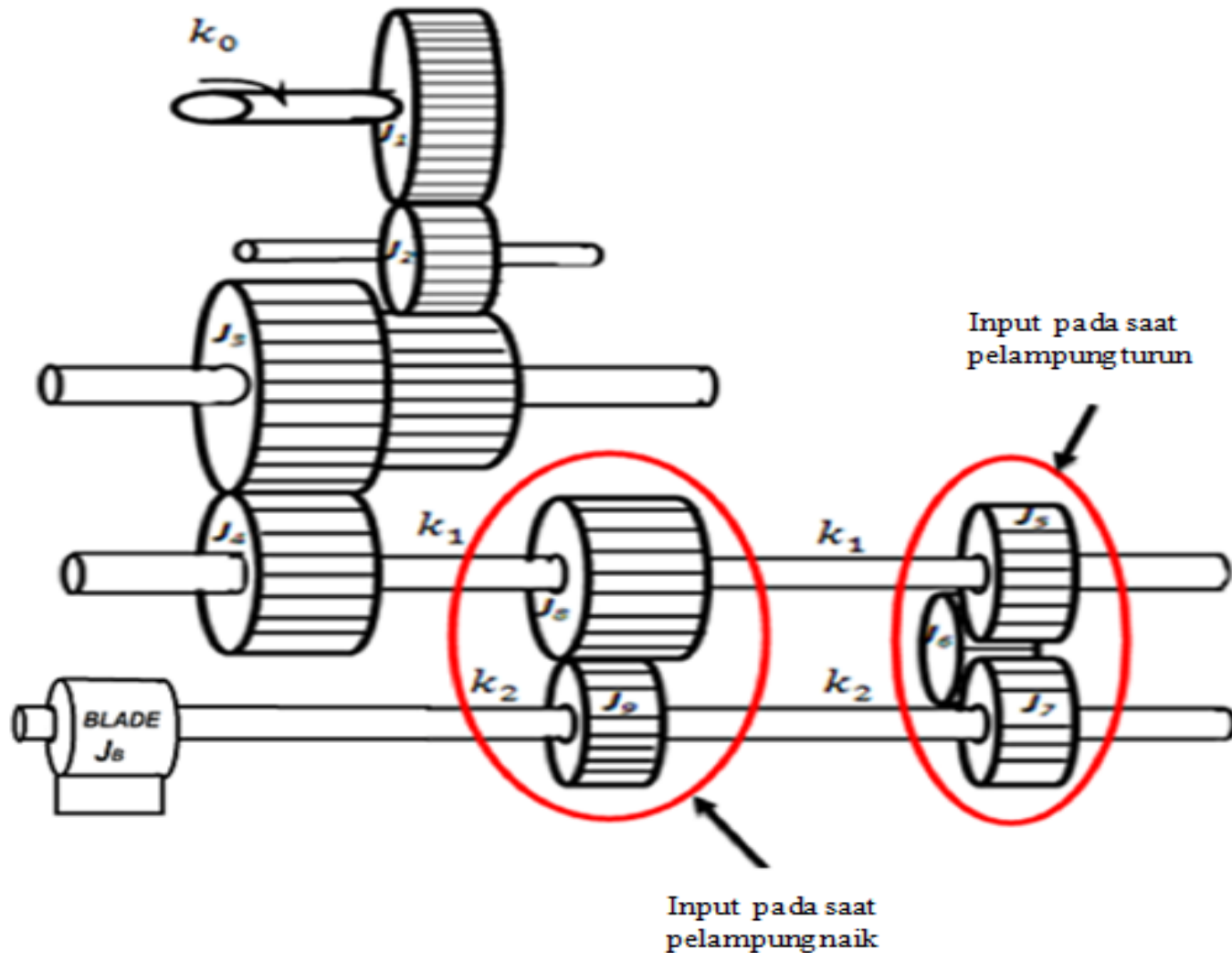
$$J_0 \ddot{\theta}_0 + (W_p \cdot l + W_b \cdot l/2) \sin \theta + k_0(\theta_0 - \theta_1) = F_w \cdot l$$

Dimana $\sin \theta \approx \theta$, sehingga :

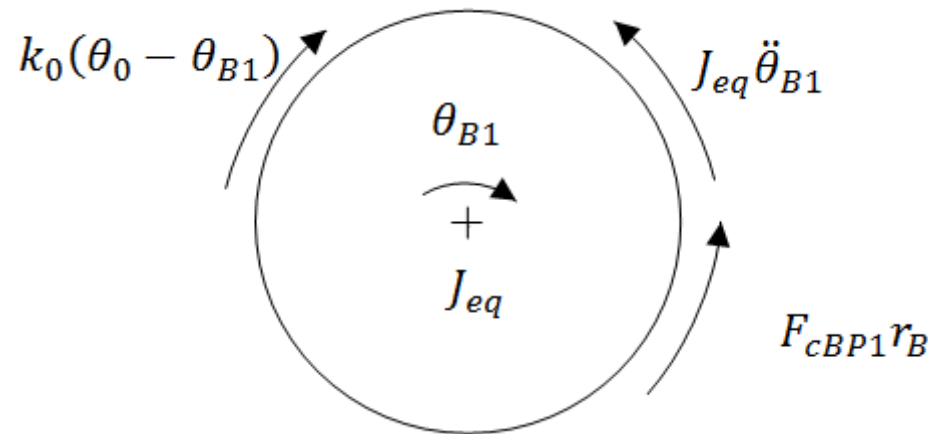
$$J_0 \ddot{\theta}_0 + \left(W_p \cdot l + W_b \cdot \frac{l}{2} \right) \theta + k_0(\theta_0 - \theta_1) = F_w \cdot l$$

$$J_0 \ddot{\theta}_0 + \left(W_p \cdot l + W_b \cdot \frac{l}{2} \right) \theta + k_0(\theta_0 - \theta_1) - F_w \cdot l = 0$$

Pemodelan Rangkaian Roda Gigi Penyearah



Free Body Diagram Jeq Saat Pelampung Turun



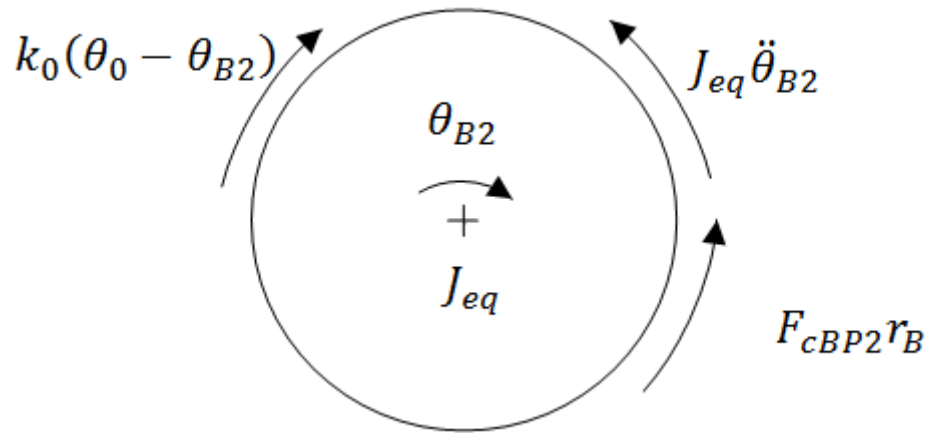
Persamaan matematis :

$$J_{eq}\ddot{\theta}_{B1} - k_0(\theta_0 - \theta_{B1}) + F_{cBP1}r_B = 0$$

Dimana :

$$J_{eq} = J_1(N_1N_2N_3N_4N_5)^2 + J_2(N_2N_3N_4N_5)^2 + J_3(N_3N_4N_5)^2 + J_4(N_4N_5)^2 + J_5(N_4N_5)^2 \\ + J_6(N_5)^2 + J_7 + J_B$$

Free Body Diagram J_{eq} Saat Pelampung Naik



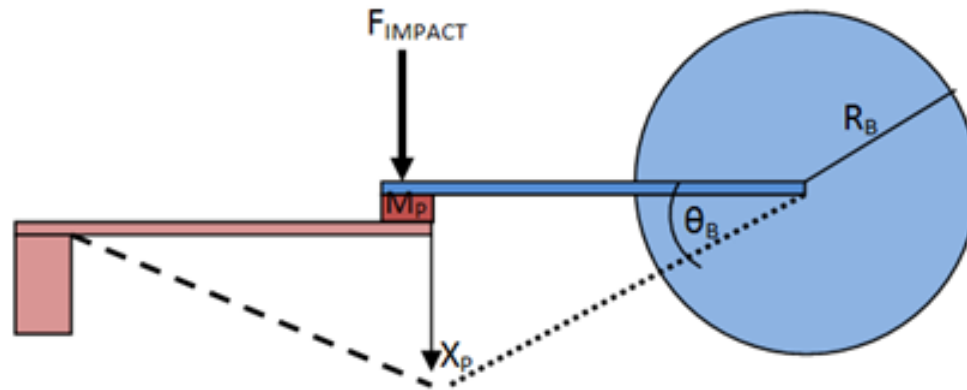
Persamaan matematis :

$$J_{eq}\ddot{\theta}_{B2} - k_0(\theta_0 - \theta_{B2}) + F_{cBP2}r_B = 0$$

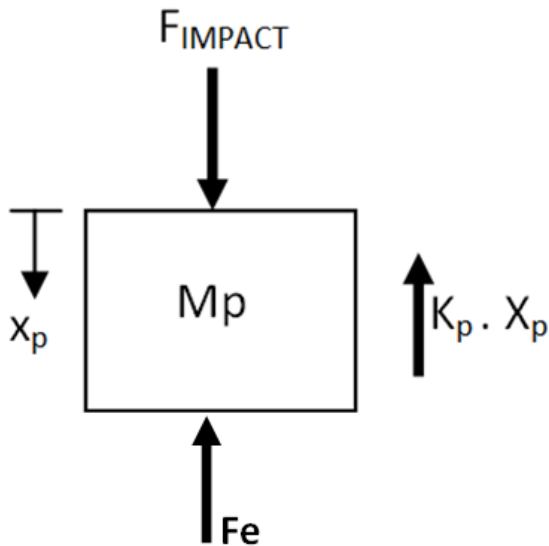
Dimana :

$$J_{eq} = J_1(N_1N_2N_3N_6)^2 + J_2(N_2N_3N_6)^2 + J_3(N_3N_6)^2 + J_4(N_6)^2 + J_8(N_6)^2 + J_9 + J_B$$

Pemodelan Blade Dengan *Cantiever* *Piezoelectric*



Pemodelan Blade Dengan *Cantiever Piezoelectric*



Persamaan matematis :

$$M_p \cdot \ddot{x}_p + K_p \cdot x_p + Fe = F_{impact}$$

Voltase bangkitan :

$$V_p = \frac{g_{31} F_{impact}}{W}$$

Dimana :

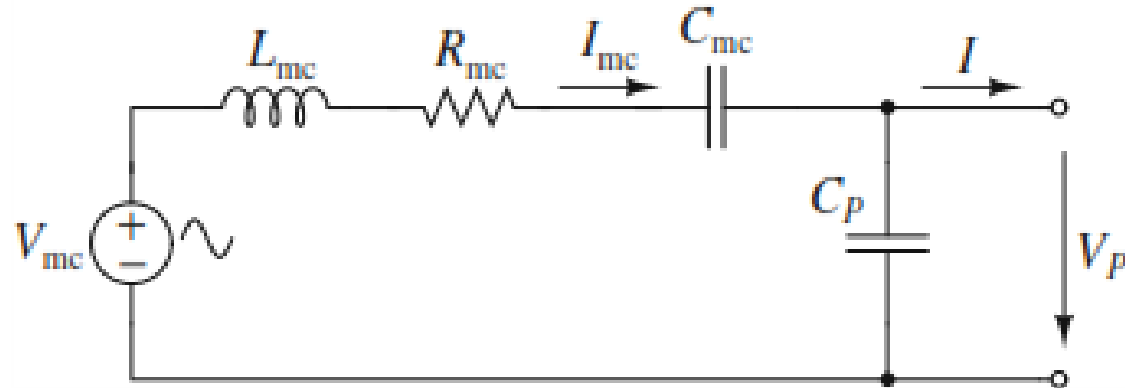
V_p = Tegangan bangkitan (V)

W = *Width piezoelectric* (0,006 m)

F_{impact} = Gaya *impact* yang bekerja pada *piezoelectric* (N)

g_{31} = Konstanta tegangan *piezoelectric* (0,216 Vm/N)

Pemodelan Elektris *Piezoelectric*



Persamaan matematis :

$$V_{mc} = L_{mc} \cdot \frac{dI_{mc}}{dt} + R_{mc} \cdot I_{mc} + \frac{1}{C_{mc}} \int I_{mc} dt + V_p$$

Dimana:

- V_{mc} = sumber tegangan / gaya input (V)
- L_{mc} = induktansi (H)
- C_{mc} = kapasitansi (F)
- I_{mc} = arus (A)
- V_p = tegangan bangkitan (V)

Variasi Pengujian

- Frekuensi (1Hz, 2Hz, 3Hz)
- Jumlah *piezoelectric* (1, 3, 5)

Analisa Dan Pembahasan

Parameter Yang Digunakan

Parameter Gelombang

Model Parameter	Simbol (Unit)	Nilai Parameter
Tinggi gelombang	H (m)	0.02
Periode gelombang	T (s)	1
Frekuensi	F (Hz)	1, 2, dan 3
Massa jenis	ρ (kg/m ³)	1000
Percepatan grafitasi	g (kg.m/s ²)	9.8

Perhitungan Momen Inersia

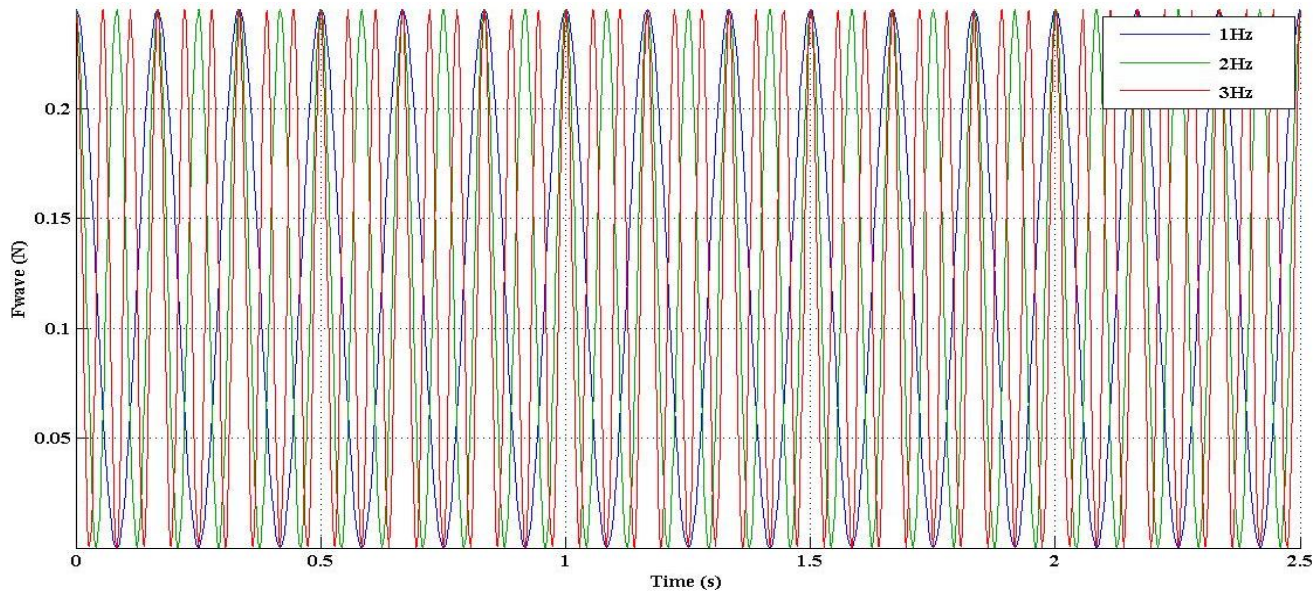
Roda Gigi	Jari – jari (m)	Massa (kg)	Momen Inersia (kg/m²)
Gear 1	0.035	0.0312	1.9110e-05
Gear 2	0.02	0.0056	1.1200e-06
Gear 3	0.009	0.0083	3.3615e-07
Gear 4	0.02	0.0111	2.2200e-06
Gear 5	0.025	0.011	3.4375e-06
Gear 6	0.025	0.01	3.1250e-06
Gear 7	0.027	0.01	3.6450e-06
Gear 8	0.025	0.01	3.1250e-06
Gear 9	0.032	0.01	5.1200e-06
Gear B	0.035	0.015	2.9707e-04

Parameter Sistem Mekanisme PLTG-Air Tipe Pelampung Silinder

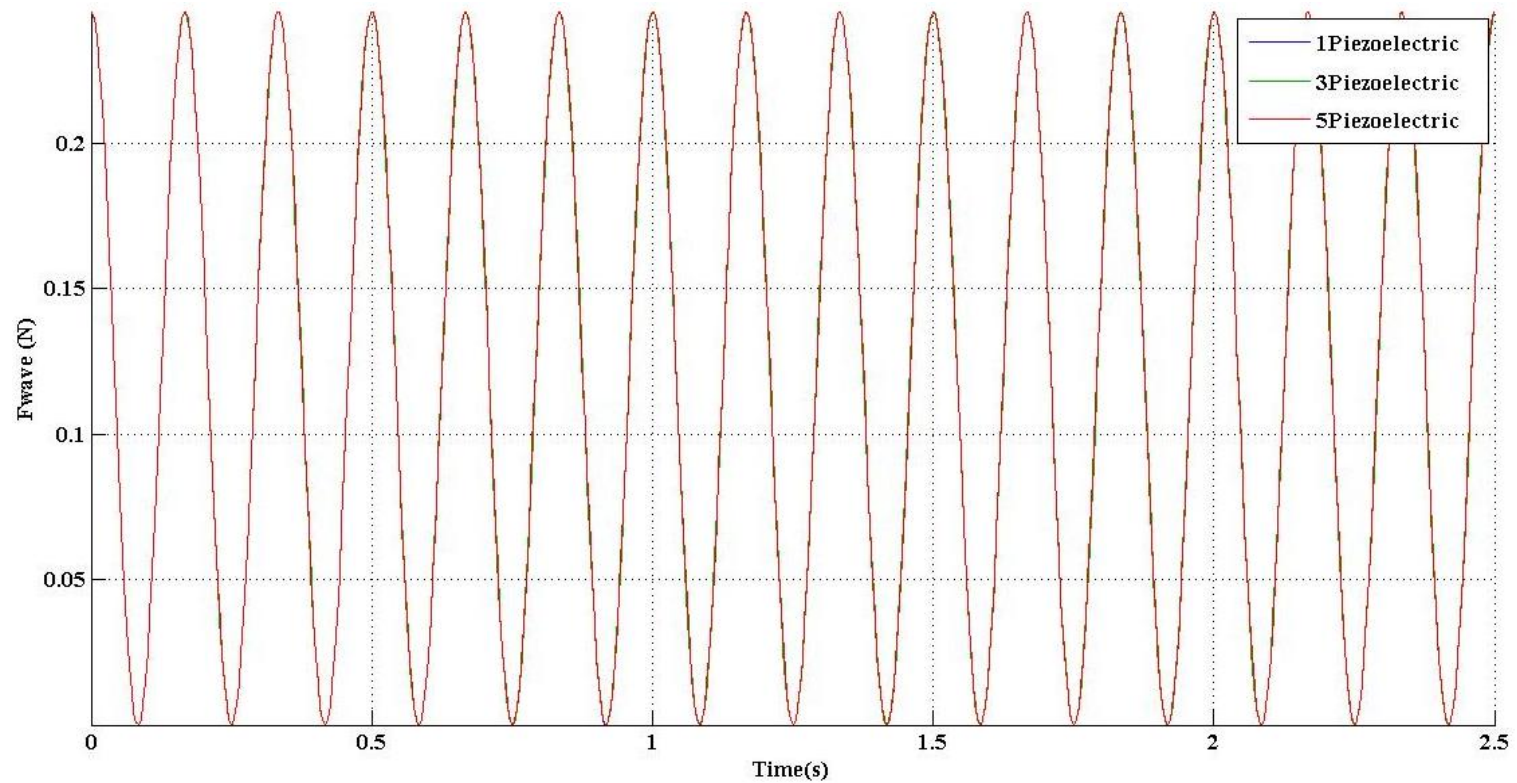
Model Parameter	Simbol (Unit)	Nilai Parameter
Massa pelampung	M_p (kg)	0.3333
Massa lengan pengungkit	M_b (kg)	0.1658
Panjang pelampung	P_p (m)	0.3
Panjang lengan pengungkit	P_l (m)	0.5
Momen Inersia batang	J_0 (N.m s ² /rad)	0.0491
Momen Inersia gear 1	J_1 (N.m s ² /rad)	1.9110e-05
Momen Inersia gear 2	J_2 (N.m s ² /rad)	1.1200e-06
Momen Inersia gear 3	J_3 (N.m s ² /rad)	3.3615e-07
Momen Inersia gear 4	J_4 (N.m s ² /rad)	2.2200e-06
Momen Inersia gear 5	J_5 (N.m s ² /rad)	3.4375e-06
Momen Inersia gear 6	J_6 (N.m s ² /rad)	3.1250e-06
Momen Inersia gear 7	J_7 (N.m s ² /rad)	3.6450e-06
Momen Inersia gear 8	J_8 (N.m s ² /rad)	3.1250e-06
Momen Inersia gear 9	J_9 (N.m s ² /rad)	5.1200e-06
Momen Inersia blade	J_B (N.m s ² /rad)	2.9707e-04

Pemodelan Gaya Gelombang Air

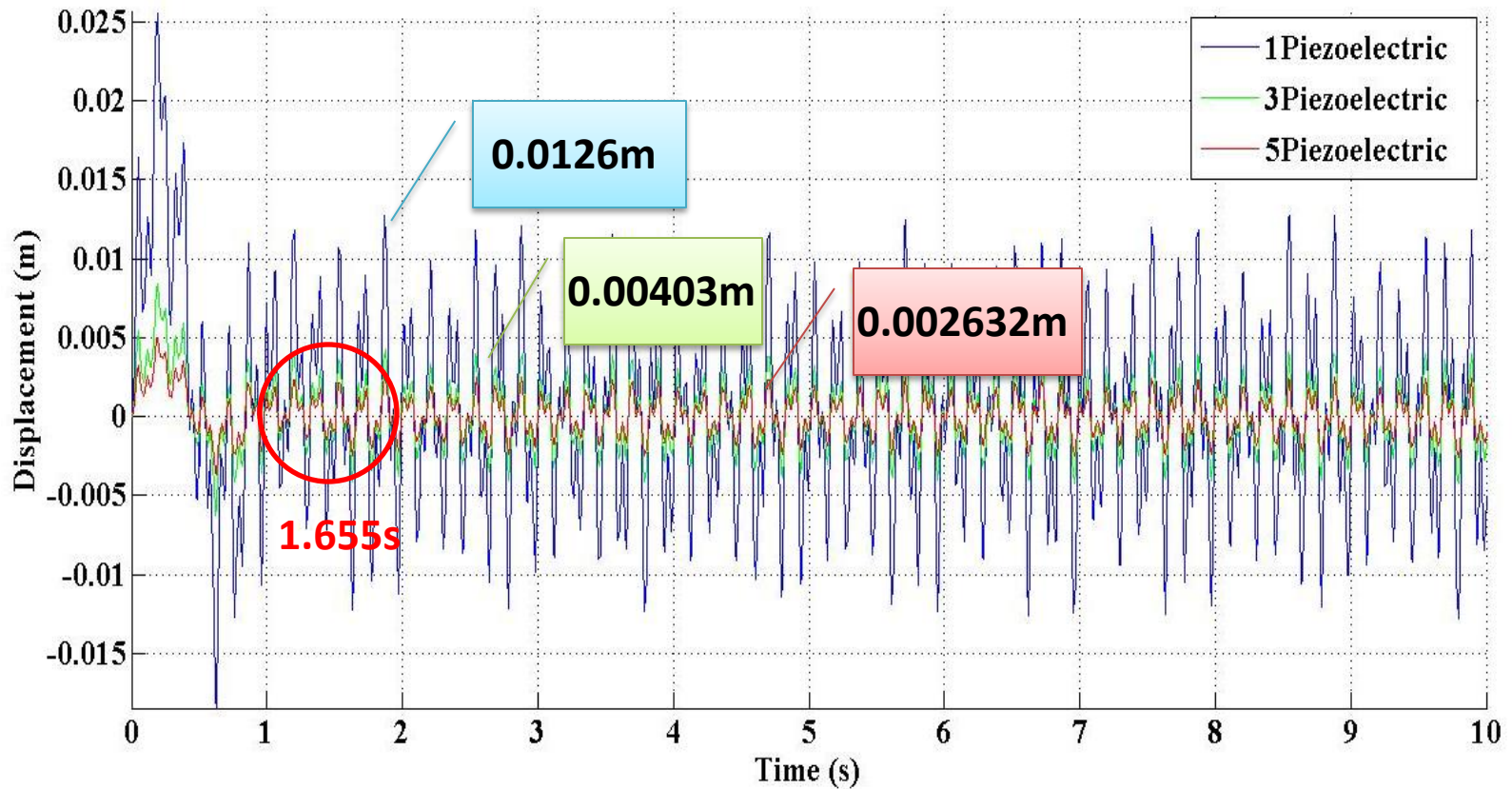
Grafik pergerakan gelombang air menggunakan satu buah *cantilever piezoelectric* dengan variasi frekuensi



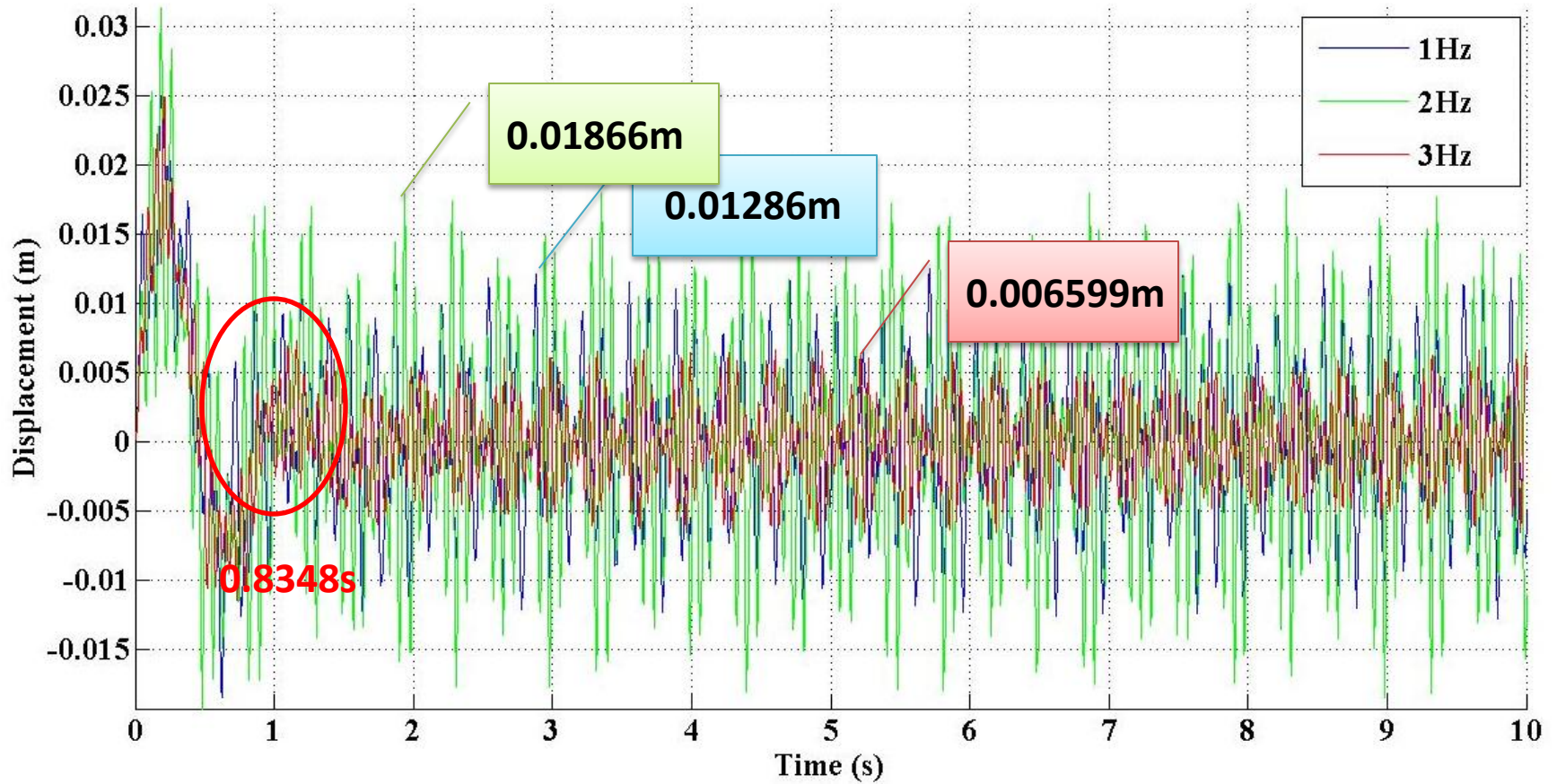
Grafik pergerakan gelombang air saat frekuensi 1Hz dengan variasi jumlah *cantilever piezoelectric*



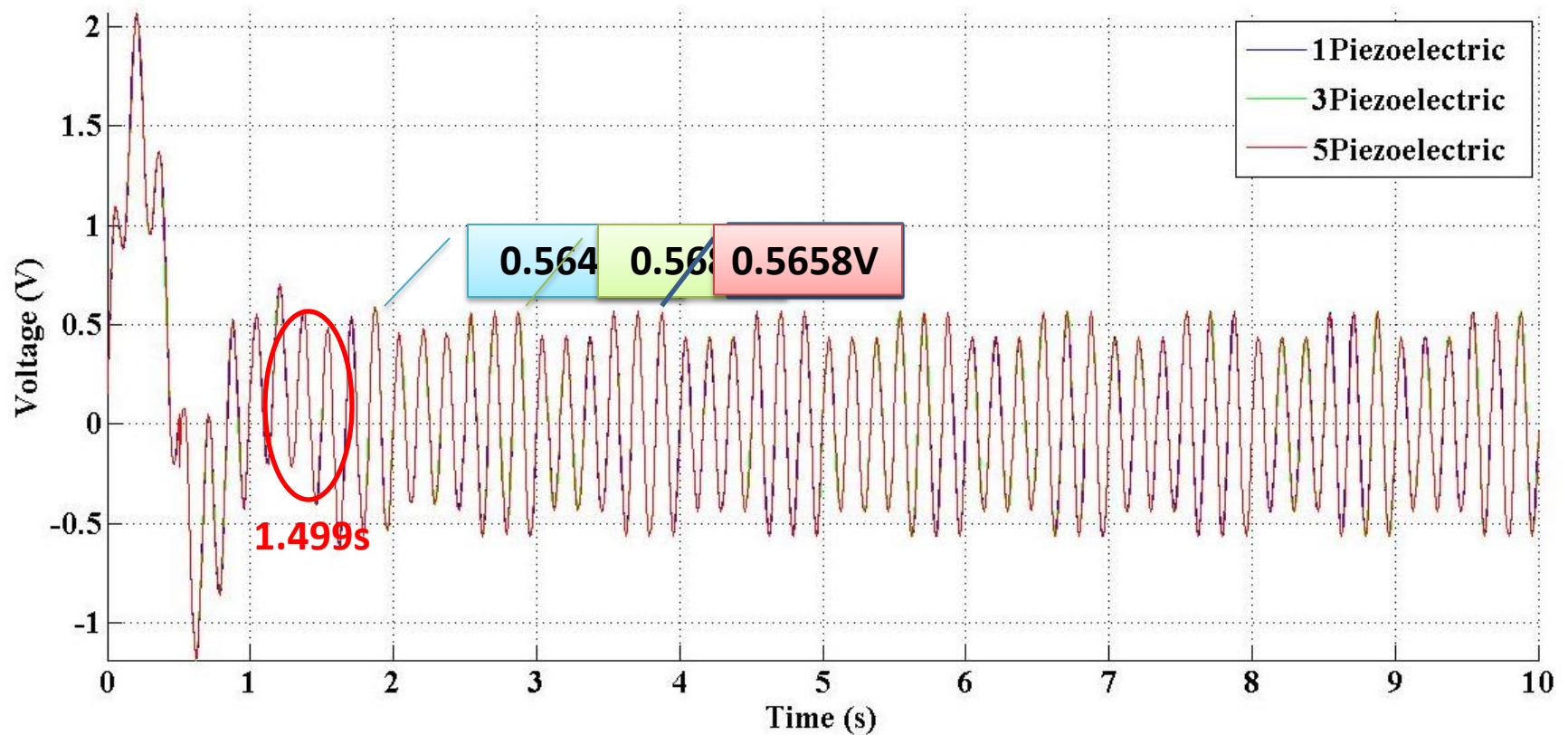
Displacement Cantilever Piezoelectric Dengan Variasi Frekuensi Dan Jumlah Cantilever Piezoelectric



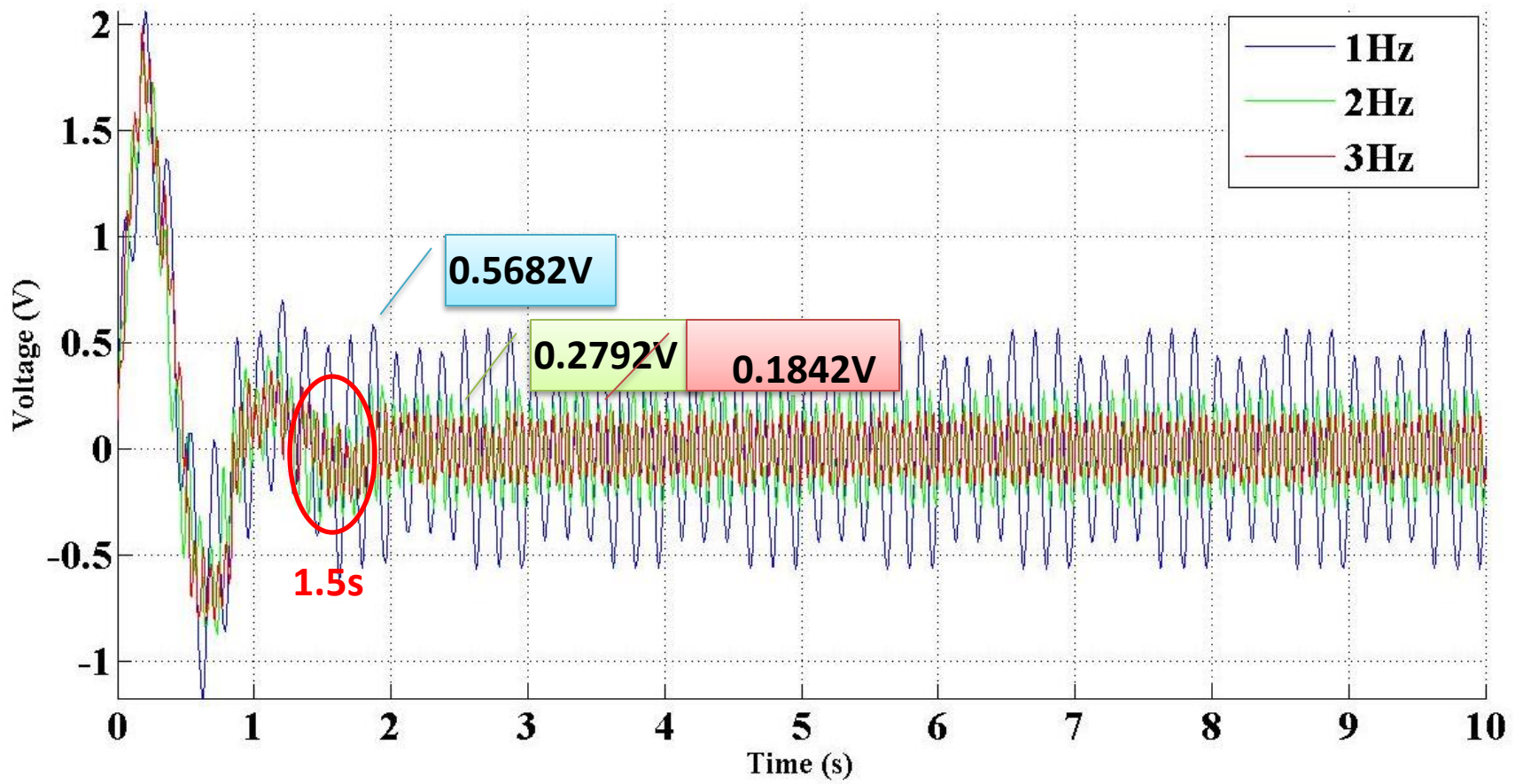
Grafik *Displacement* Satu Buah *Cantiever Piezoelectric* Terhadap Waktu Dengan Variasi Frekuensi



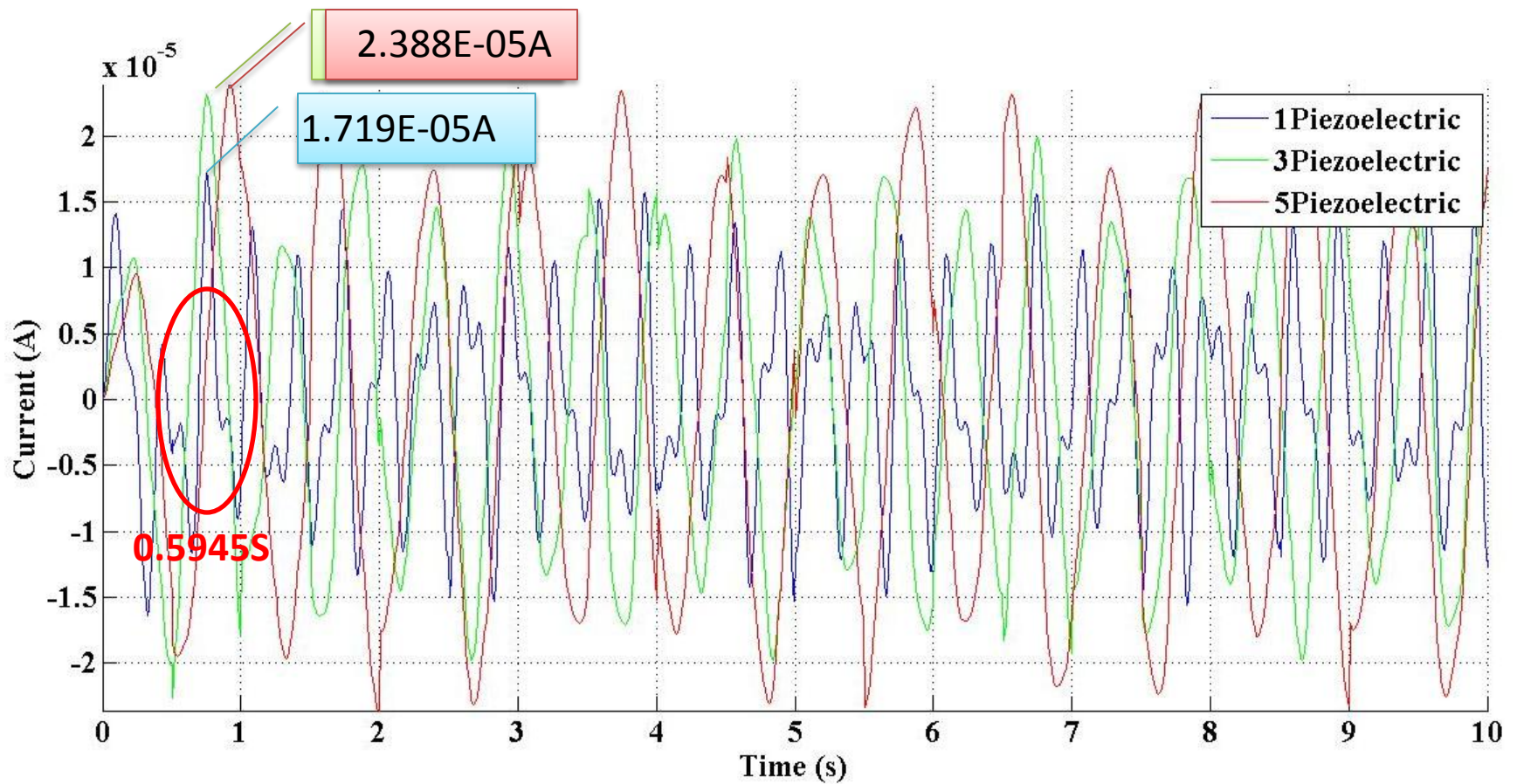
Voltase Bangkitan *Cantilever* *Piezoelectric* Dengan Variasi Frekuensi Dan Jumlah *Cantilever Piezoelectric*



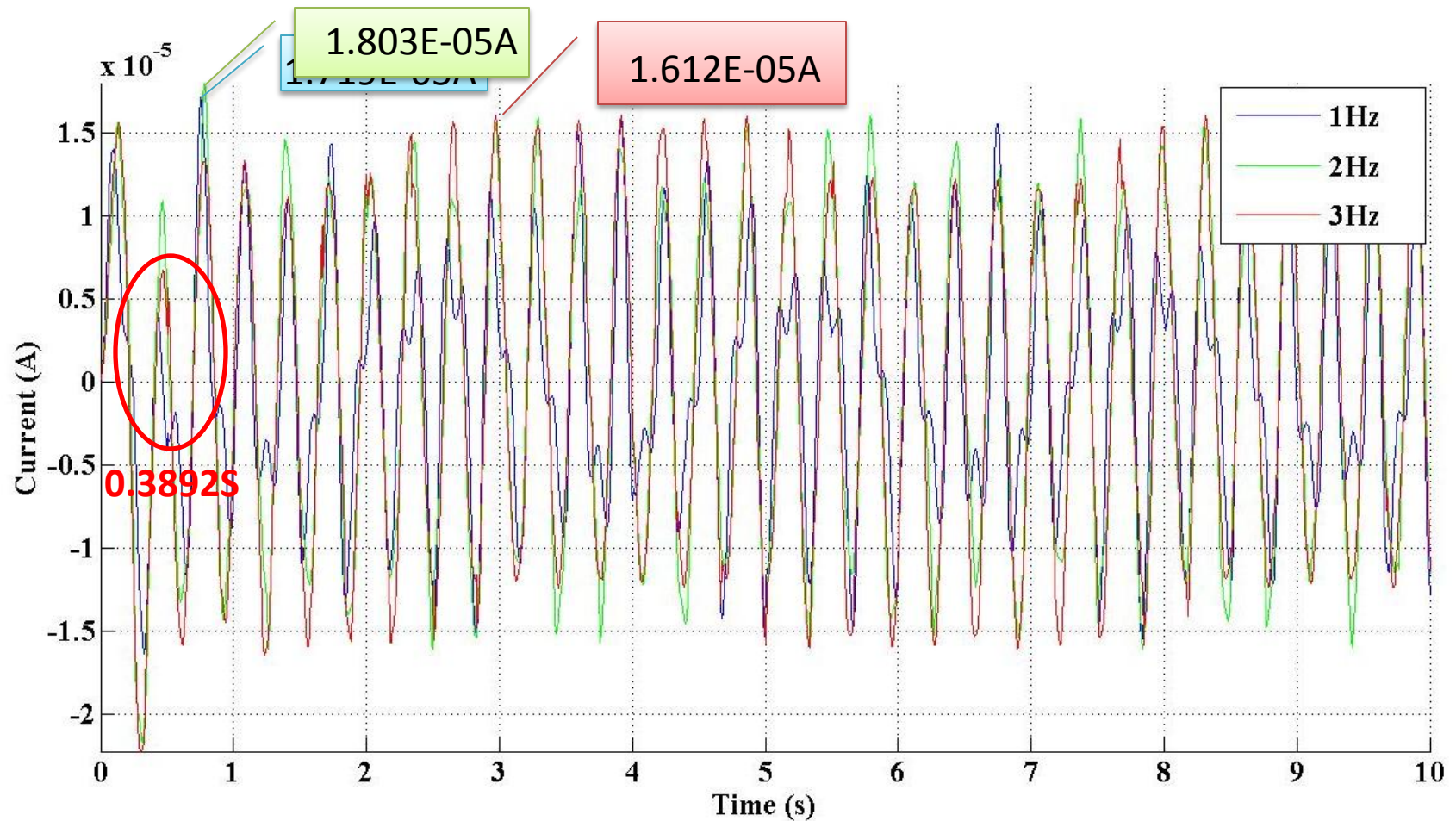
Grafik Voltase Satu Buah Cantilever Piezoelectric Dengan Variasi Frekuensi



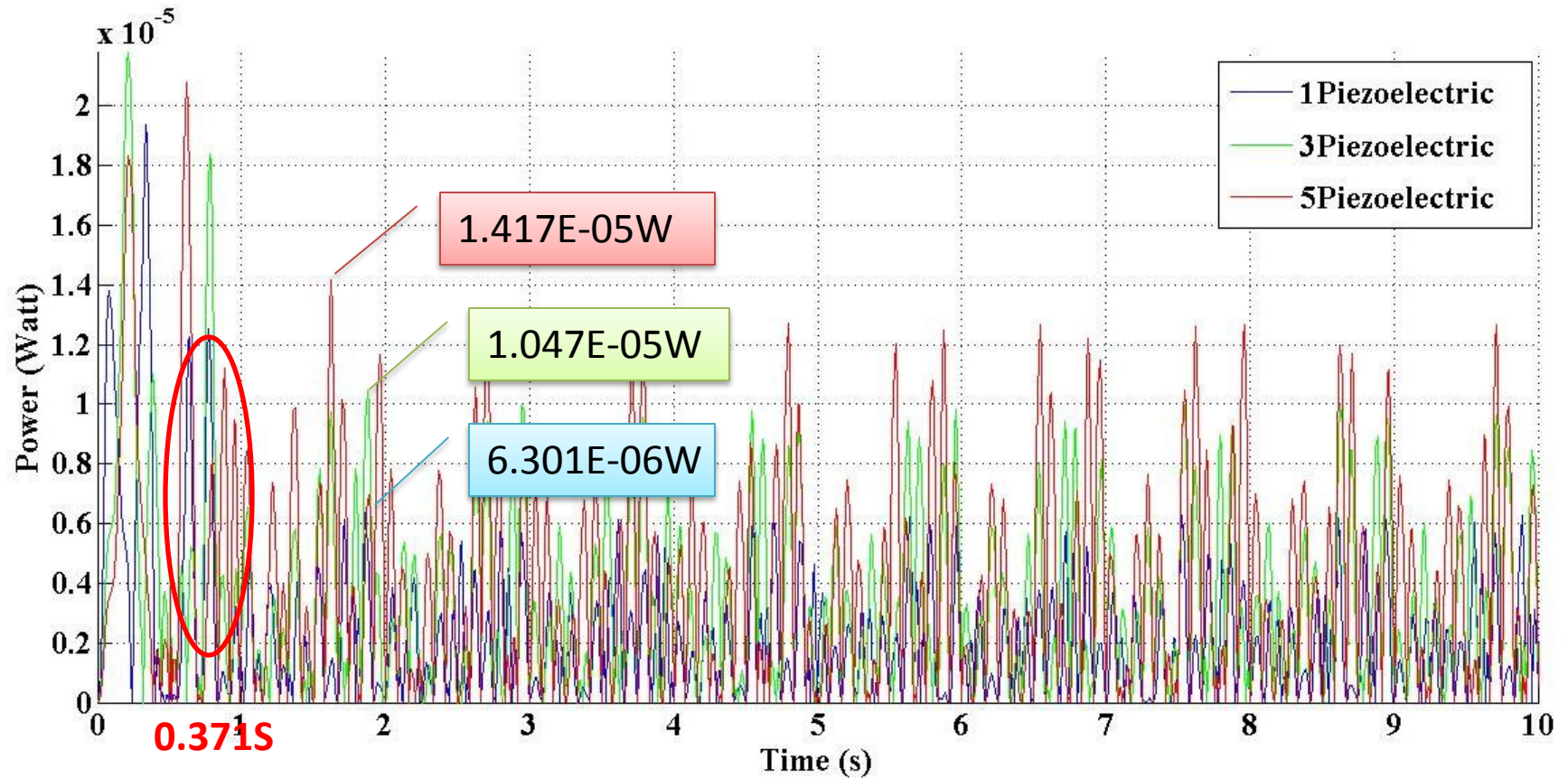
Arus Bangkitan *Cantilever Piezoelectric* Dengan Variasi Frekuensi Dan Jumlah *Cantilever Piezoelectric*



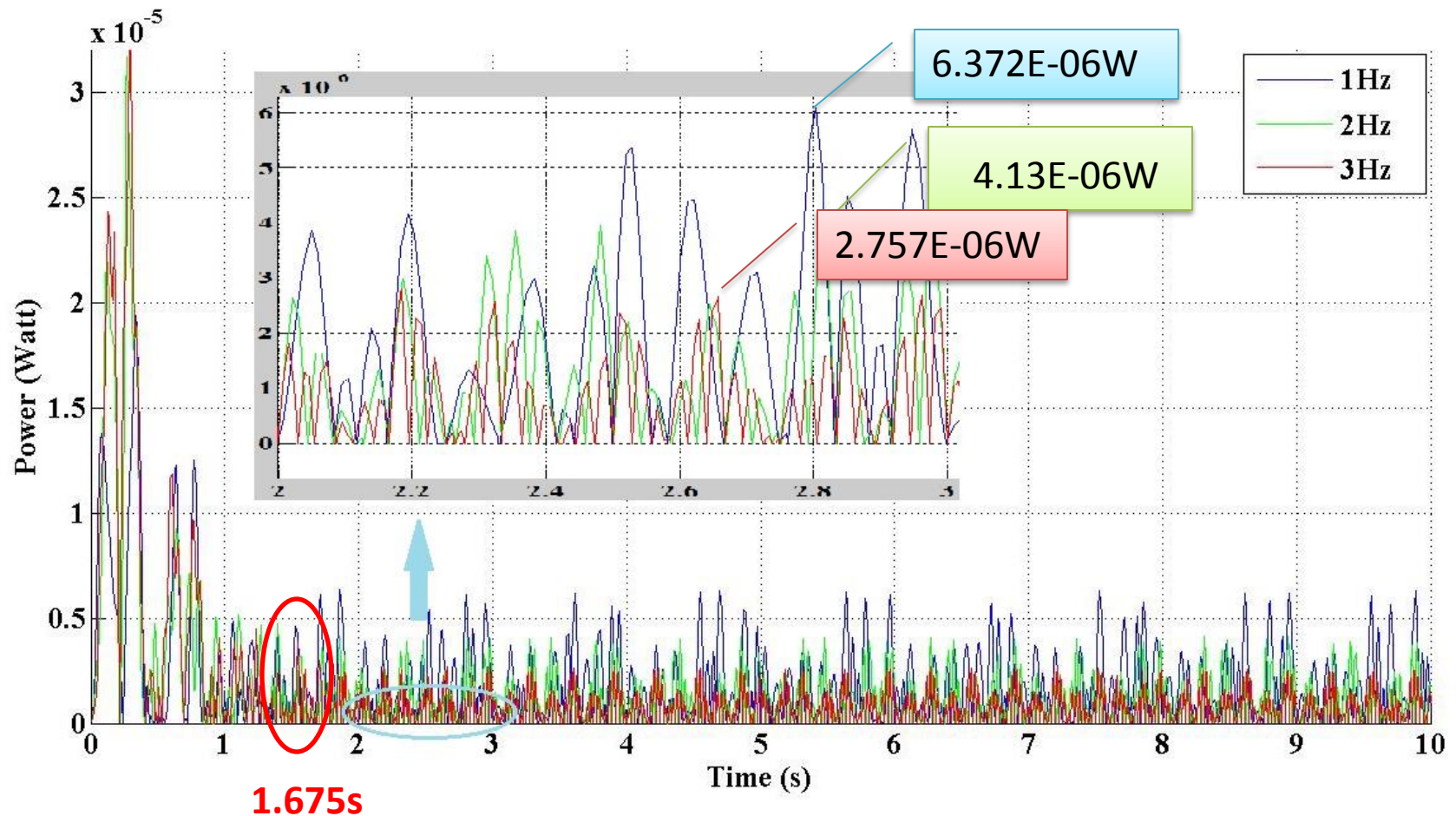
Grafik Arus Satu Buah Cantilever Piezoelectric Dengan Variasi Frekuensi



Daya Bangkitan *Cantilever Piezoelectric* Dengan Variasi Frekuensi Dan Jumlah *Cantilever Piezoelectric*



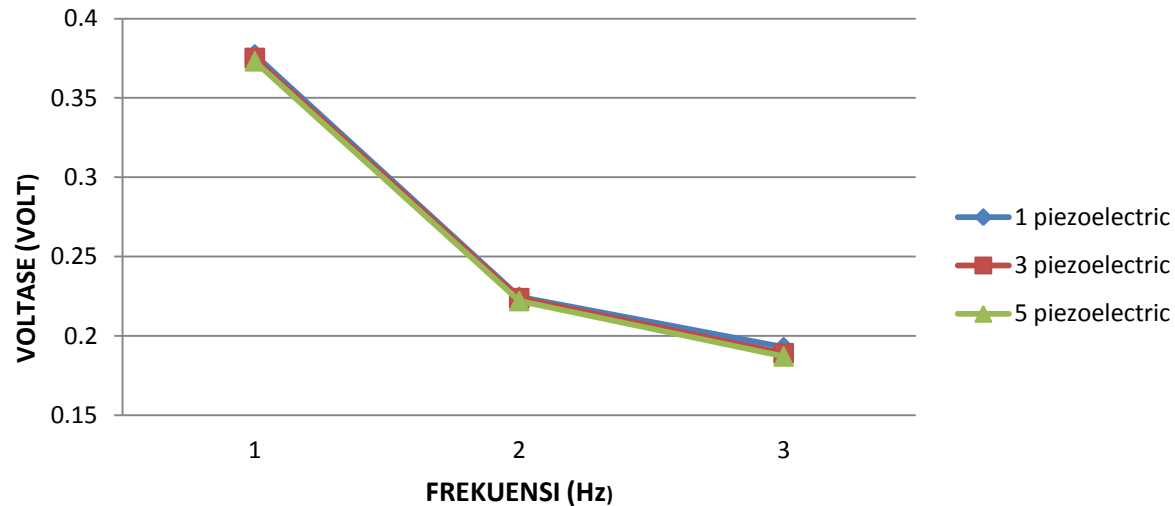
Grafik Daya Satu Buah *Cantilever Piezoelectric* Dengan Variasi Frekuensi



Data Energi Bangkitan Dengan Variasi Frekuensi Dan Jumlah *Cantilever Piezoelectric*

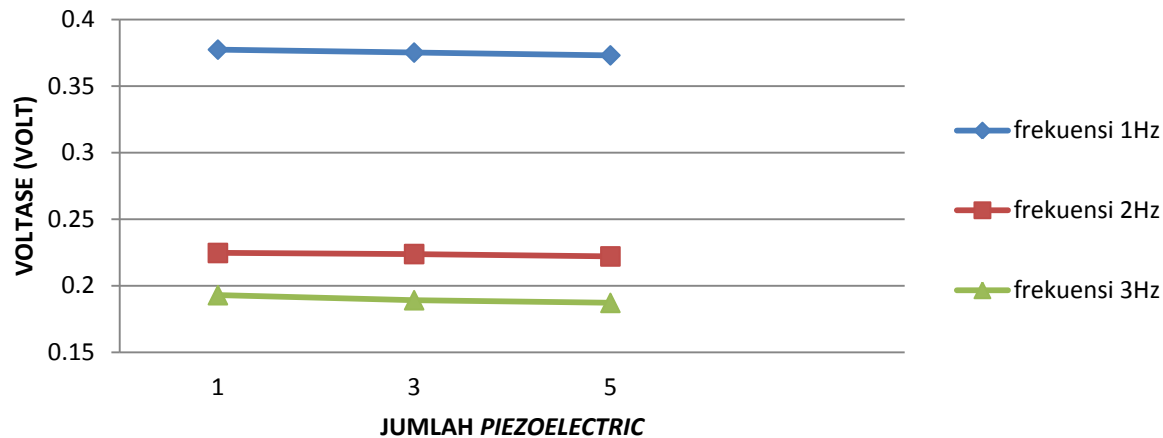
FREKUENSI	JUMLAH <i>PIEZOELECTRIC</i>	VOLTASE (V)	ARUS (A)	DAYA (Watt)
1	1	0.3774	7.18E-06	2.61E-06
	3	0.3752	1.13E-05	4.06E-06
	5	0.3731	1.39E-05	4.92E-06
2	1	0.2246	9.25E-06	2.42E-06
	3	0.2238	1.22E-05	2.43E-06
	5	0.2220	1.47E-05	2.69E-06
3	1	0.1929	9.77E-06	2.24E-06
	3	0.1891	1.25E-05	2.34E-06
	5	0.1871	1.48E-05	2.45E-06

Pengaruh Frekuensi Dan Jumlah *Piezoelectric* Terhadap Voltase Bangkitan *Piezoelectric*



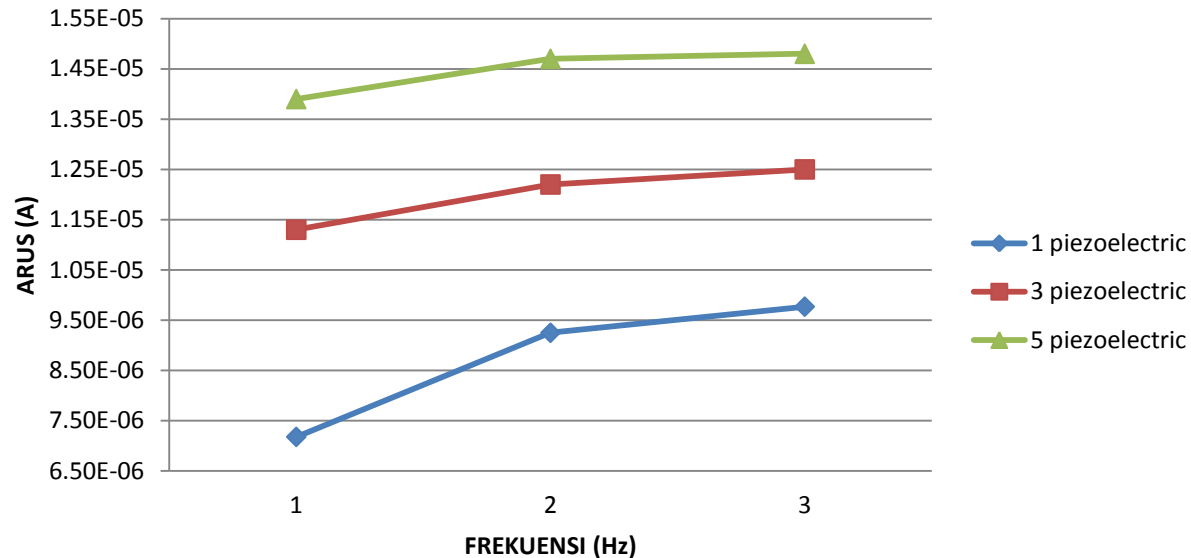
Semakin besar frekuensi gelombang air yang diberikan maka semakin kecil voltase yang dihasilkan.

Grafik pengaruh jumlah *cantilever piezoelectric* terhadap voltase bangkitan dari masing – masing frekuensi gelombang air



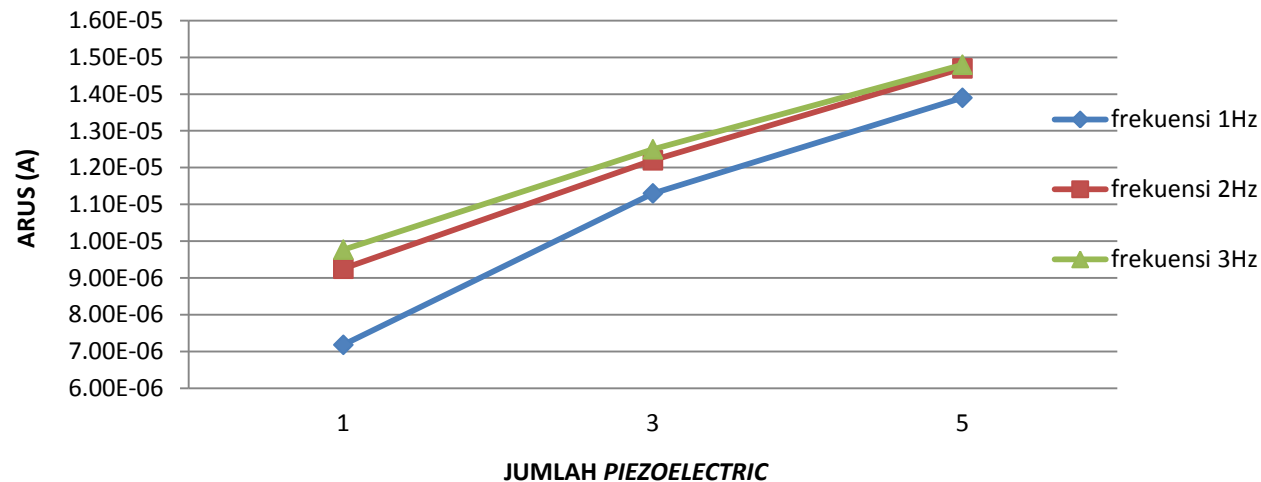
Ada kecenderungan voltase yang dihasilkan menurun dengan penambahan jumlah *cantilever piezoelectric* yang terpasang pada sistem.

Pengaruh Frekuensi Dan Jumlah *Piezoelectric* Terhadap Arus Bangkitan *Piezoelectric*



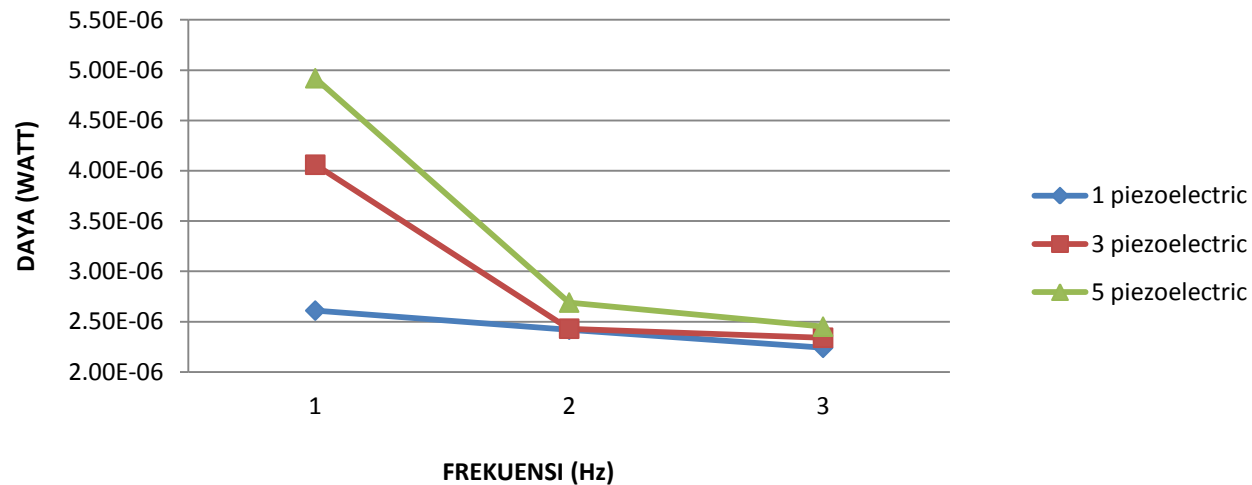
Semakin besar frekuensi gelombang air yang diberikan maka semakin besar arus yang dihasilkan

Grafik pengaruh jumlah *cantilever piezoelectric* terhadap arus listrik bangkitan dari masing – masing frekuensi gelombang air



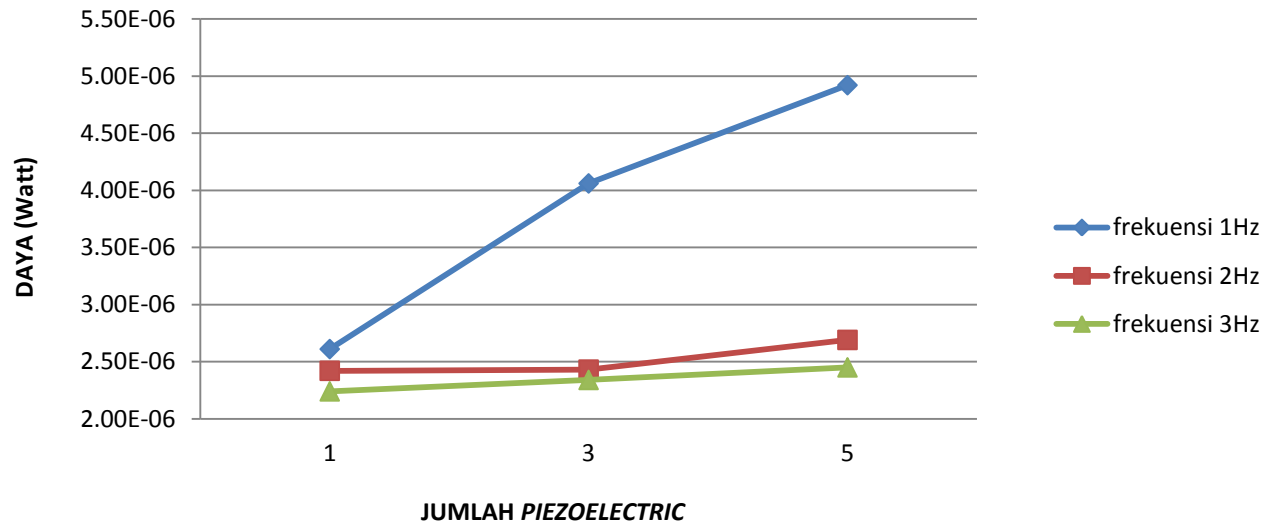
Semakin bertambah jumlah *cantilever piezoelectric* maka semakin besar arus yang dihasilkan.

Pengaruh Frekuensi Dan Jumlah *Piezoelectric* Terhadap Daya Bangkitan *Piezoelectric*



Semakin besar frekuensi gelombang air yang diberikan, semakin kecil daya yang dihasilkan.

Grafik pengaruh jumlah *cantilever piezoelectric* terhadap daya listrik bangkitan dari masing – masing frekuensi gelombang air



Semakin bertambah jumlah *cantilever piezoelectric* semakin besar pula nilai daya bangkitan.

KESIMPULAN

- Jumlah *cantilever piezoelectric* berpengaruh terhadap energi bangkitan yang dihasilkan.
- Semakin banyak *cantilever piezoelectric* yang digunakan, semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan. Dengan jumlah *cantilever piezoelectric* sebanyak 5 buah didapatkan nilai daya bangkitan saat frekuensi 1Hz adalah 4.92E-06Watt, saat frekuensi 2Hz adalah 2.69E-06 Watt, dan saat frekuensi 3Hz adalah 2.45E-06Watt.

- Frekuensi berpengaruh terhadap energi bangkitan yang dihasilkan.
- Semakin besar frekuensi yang diberikan, maka semakin kecil energi bangkitan yang dihasilkan. Sehingga nilai daya terbesar terjadi saat frekuensi 1Hz dengan jumlah *cantilever piezoelectric* 1 buah adalah 2.61E-06 Watt, jumlah *cantilever piezoelectric* 3 buah adalah 4.06E-06 Watt dan saat jumlah *cantilever piezoelectric* 5 buah adalah 4.92E-06 Watt.
- Daya listrik bangkitan terbesar yang dapat dihasilkan oleh pemodelan mekanisme PLTG-Air tipe pelampung silinder dengan 3 variasi frekuensi gelombang laut (1 Hz, 2 Hz, 3 Hz) dan 3 variasi jumlah *cantilever piezoelectric* (1, 3, 5) terjadi ketika pemodelan mekanisme dikenakan frekuensi gelombang 1 Hz dengan menggunakan 5 buah *cantilever piezoelectric*, yaitu dengan nilai daya 4.92E-06 Watt.

SARAN

- Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan rancang bangun PLTG-Air tipe pelampung silinder dengan metode *cantilever piezoelectric*.
- Untuk eksperimen pembuatan alat, perlu dilakukan penyesuaian inputan frekuensi dengan frekuensi gelombang air yang tersedia pada kolam simulator

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Susanto, I Made, 2015. **“Studi Karakteristik Energi Listrik Yang Dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Metode Pelampung Dengan Variasi Dimensi Pelampung Dan Panjang Lengan”**. Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin: ITS Press.
- [2] Akvianto, Jemy, 2015. **“Studi Eksperimen Dan Analisa Energi Listrik Yang Dihasilkan Prototipe Mekanisme PLTGL Metode Pelampung Silinder Dengan Variasi Pembebanan Dan Panjang Lengan”**. Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin: ITS Press.
- [3] Losong, Yabes David, 2015. **“Pemodelan Dan Analisa Energi Listrik Yang Dihasilkan Model Mekanisme Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Tipe Pelampung *Piezoelectric*”**. Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin: ITS Press.
- [4] A. Wijaya dan I. Wayan, **“Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggnakan Teknologi Oscilating Water Column di Perairan Bali,”** *J. Teknol. Elektro*, vol 9, no. 2, 2012.
- [5] M. A. Djabbar, dkk, **“Ombak Sebagai Sumber Energi Listrik,”** *Pros. Has. Penelit. Fak. Tek*, vol. 5, no. 1, 2011.
- [6] A. Muetze dan J. Vining, **“ Ocean Wafe Energy Convesion,”** *Univ. Wis. Madison*, 2005.
- [7] D. Magagna, **“Oscillating water column wave pump: a wave energy converter for water delivery,”** University of Southampton, 2011.

- [8] Deutschman, A. D., Michels, W. J., dan Wilson, C. E. 1975. **“Machine Design”**. Macmillan Publishing Co. Inc., New York
- [9] Indraswara, Joenta, 2015. **“Studi Karakteristik Voltase Bangkitan yang Dihasilkan Mekanisme Vibration Energy Harvesting Menggunakan etode Cantilever Piezoelectric-Pengungkit Dengan Variasi Jumlah Blade Pemukul dan Frekuensi Sumber Getar”**. Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin: ITS Press
- [10] Yusuf, Muh. Irvan, 2015. **“Pemodelan Dan Analisa Energi Listrik Yang Dihasilkan Mekanisme Pembangkit Listrik Gelombang Laut Tipe Kayuh Dayung Piezoelectric”**. Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin: ITS Press.
- [11] S. S. Rao, **“Mechanical Vibrations Fifth Edition,”** Prentice Hall, 2011.
- [12] Krisdianto, Andy Noven, 2011. **“Studi Karakteristik Energi Yang Dihasilkan Mekanisme *Vibration Energy Harvesting* Dengan Metode *Piezoelectric* Untuk Pembebanan Frontal Dan Lateral”**. Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin: ITS Press.
- [13] M. E. McCormick, **“Ocean Engineering Mechanic,”** Cambridge University Press, 2010.
- [14] Romano, Gusti Fajar, 2015. **“ Studi Karakteristik Voltase Bangkitan Yang dihasilkan Oleh Mekanisme *Vibration Energy Harvesting* Menggunakan Metode *Cantilever Piezoelectric* Dengan Variasi Jumlah Blade dan Frekuensi Sumber Getar”**. Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin: ITS Press.

TERIMA KASIH